Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 29- 42

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۴۲-۲۹

مقاله علمی-پژوهشی

بهینه‌یابی فرمولاسیون لوز رژیمی غنی شده با استویا و گیاه آزی‌وش به روش سطح پاسخ

محمدجواد گلیه[۱]- محمد گلی[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

چکیده

امروزه با تغییر فرهنگ زندگی، بروز سوءتغذیه در گروه‌های مختلف سنی، و بروز بیماری‌هایی نظیر دیابت، فشارخون و چاقی، تولید فرمولاسیون‌های غذایی کم‌کالری امری ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرف دیگر، با افزایش تقاضا برای مصرف محصولات باارزش غذایی و کیفیت بالا، استفاده از ترکیبات با منشأ طبیعی جهت ارتقاء ویژگی‌های تغذیه‌ای و کیفی محصولات غذایی توصیه می‌گردد. لذا، هدف از پژوهش حاضر، کاهش ساکارز مصرفی در تهیه لوز رژیمی و تولید محصولی با ارزش غذایی و اقتصادی بالا با با افزایش جایگزینی گیاه آزی‌وش با پسته است. در این پژوهش اثر جایگزینی استویا با ساکارز (صفر–۱۰۰ درصد)، جایگزینی آزی‌وش با پودر پسته (صفر–۱۰۰ درصد) و دمای پخت (۷۰–۵۰ درجه سانتی‌گراد) بر دانسیته و سفتی لوز رژیمی مورد بررسی قرار گرفت. روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با ۶ نقطه مرکزی و دو تکرار و آلفای برابر با ۲ در سایر نقاط به‌منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون لوز رژیمی غنی شده، استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافت و رنگ در بازه زمانی ۴۵ روزه برای نمونه‌های بهینه و شاهد مقایسه گردید. دانسیته تیمارها با افزایش درصد جایگزینی استویا و آزی‌وش افزایش یافت. اثر متقابل دو متغیر آزی‌وش و دمای پخت باعث کاهش سفتی بافت گردید. کاهش درصد جایگزینی استویا سفتی بافت را کاهش داد. فرمولاسیون بهینه لوز رژیمی شامل ۲۵ درصد استویا، ۲۵ درصد آزی‌وش با دمای پخت ۶۵ درجه سانتی‌گراد؛ و ۵۵ درصد استویا، ۷۵ درصد آزی‌وش با دمای پخت ۵۵ درجه سانتی‌گراد معرفی گردید. در مجموع، ارزش غذایی لوز رژیمی حاوی گیاه آزی‌وش از جنبه محتوی پروتئین، خاکستر، منیزیم و کلسیم بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: آزی‌وش، استویا، خواص فیزیکوشیمیایی، لوز رژیمی، بهینه‌یابی

مقدمه

امروزه شیوع بیماری‌های مرتبط با افزایش قند خون، فشارخون و چاقی در اثر مصرف بالا و مداوم ساکارز، استفاده از آن را در محصولات مختلف با محدودیت‌هایی مواجه کرده است. نگرانی‌های مرتبط با اثرات مضر ناشی از مصرف شکر از یک طرف، توجه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را به جست‌وجوی شیرین‌کننده‌های طبیعی جایگزین با شکر معطوف نموده است و از طرف دیگر، افزایش تقاضا برای مصرف مواد غذایی با ارزش غذایی بالاتر توجه عموم را به‌سوی ترکیبات طبیعی و فراسودمند سوق داده است. در این میان گیاه استویا می‌تواند به‌عنوان جایگزین بسیار مناسبی برای برطرف کردن مشکلات ناشی از مصرف ساکارز معرفی گردد (افشاری و بلوریان، ۱۳۹۱).

گیاه استویا با نام علمی *Stevia Rebaudiana bertoni* یک گیاه دارای خواص دارویی و غذایی تأیید شده است. استویا گیاهی علفی و چند ساله است که نخستین بار در شمال برزیل و پاراگوئه شناخته شد. برگ‌های استویا غنی از استویوزید که ترکیبات گلیکوزیدی دی ترپنی هستند، می‌باشد که میزان شیرینی آن‌ها تا ۳۰۰ برابر شکر تخمین زده شده است (Jain *et al*., 2009).

آزی‌وش با نام علمی *Corchorus olitorius* L. منبع غنی از ترکیبات زیست فعال متعدد نظیر پروتئین، فیبر، ویتامین‌ها، مواد معدنی، استرول‌ها، توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها است. این گیاه از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، ضدقارچی، ضدویروسی، ضدالتهابی و ضدسرطان قابل‌توجهی برخوردار است (Anita *et al*., 2006).

ترکیب معدنی برگهای آزی‌وش حاوی ۱۸/۳۸ درصد خاکستر، ۱۲/۵۴ درصد پروتئین خام، ۱۱/۹۹ درصد چربی، ۱۹/۵۶ درصد کربوهیدرات قابل مصرف است. هم‌چنین برگ‌ها دارای ۲۰۰/۷۸ کیلوکالری در هر ۱۰۰ گرم هستند. تجزیه و تحلیل مواد معدنی نشان داد که پتاسیم ۲۸۱۴/۱۵، منیزیم ۷۶/۶۹ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم از عناصر غالب برگ آزی‌وش است. برگ‌ها حاوی غلظت قابل توجهی از سدیم ۵۴/۵۶، کلسیم ۳۰/۵۵، فسفر ۶/۶۸، مس ۲/۵۲، آهن ۱۹/۵۳، منگنز ۵/۹۵ و روی ۴/۷۱ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم بودند. در

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: mgolifood@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i1.82864

مجموع برگ‌های آزی‌وش منبع غنی از پتاسیم، آهن، مس، منگنز و روی و هم‌چنین مقادیر انرژی بالایی هستند که در تغذیه انسان و حیوان ضروری است (Idris et al., 2009).

با افزایش میزان کتیرا در قطاب‌های حاوی استویوزید به‌طور معنی‌داری میزان سختی کاهش یافت. در واقع از یک طرف جایگزینی ساکارز با استویوزید باعث سختی بافت شد و از طرف دیگر حضور کتیرا موجب کاهش سختی بافت قطاب شد. این موضوع را می‌توان به، علت تشکیل شبکه و حفظ رطوبت در بافت شیرینی سنتی قطاب به علت وجود گروههای هیدروکسیل موجود در کتیرا نسبت داد، که در نهایت منجر به تشکیل ژل و کاهش سختی بافت شده است. بافت ایجاد شده به عنوان یک صفت مطلوب در قطاب به حساب می‌آید (قندهاری یزدی و همکاران، ۲۰۱۳).

وطن‌خواه و همکاران (۱۳۹۳)، در مطالعه خود اثر جایگزینی شکر با استویوزید در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰٪ را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بیسکویت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که جایگزینی شکر با استویوزید در فرمولاسیون بیسکویت، اثر معنی‌داری بر روی محتوی خاکستر، چربی و پروتئین بیسکویت نداشت. جایگزینی کامل شکر با استویا در سطح جایگزینی ۱۰۰٪ باعث کاهش میزان کالری نمونه‌های بیسکویت تا حدود ۱۵٪ شد. حجم مخصوص و دانسیته حجمی نمونه‌ها با افزایش سطوح جایگزینی استویا تغییر قابل‌توجهی نداشت اما قطر و ضریب انبساط به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت. جایگزینی استویا با شکر موجب افزایش ضخامت و فعالیت آبی نمونه‌ها گردید و سختی بافت را کاهش داد. اثر جایگزینی شکر با استویا بر خصوصیات بافتی و حسی مافین، گزارش ش که جایگزینی کامل شکر با استویا (۱۰۰ درصد جایگزینی) موجب افزایش سختی بافت مافین نسبت به نمونه شاهد شد. نمونه‌های دارای ۱۰۰ درصد جایگزینی استویا با شکر، از بافت سخت‌تر، احساس دهانی خشک‌تر و پذیرش کلی کمتری برخوردار بودند (Gao *et al.*, 2017).

برگ‌های گیاه آزی‌وش حاوی مقادیر قابل‌توجه پروتئین (۵/۶–۴/۵ درصد)، فیبر (۲–۱/۷ درصد)، کربوهیدرات (۶/۴ –۷/۱۲ درصد)، خاکستر (۲/۴ درصد) است و انرژی آن برحسب کالری حدود ۵۸ –۴۳ است. برگ‌های گیاه آزی‌وش منبع مناسبی از بتا کاروتن، کلسیم، ویتامین C و آهن است و همچنین، حاوی سطوح بالایی از ترکیبات زیست فعال دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد که در درمان بسیاری از بیماری‌ها از قبیل بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، سرطان و فشارخون مفید است (Islam *et al.*, 2013).

هدف از پژوهش حاضر، کاهش ساکارز مصرفی در تهیه لوز رژیمی و تولید محصولی با ارزش غذایی و اقتصادی بالا با افزایش جایگزینی گیاه آزی‌وش با پسته بود و اثرات این جایگزینی بر دانسیته و سفتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون لوز شامل ایزومالت، سوربیتول، پودر نارگیل، پودر پسته، هل، دارچین و کلروفیل، استویا و گیاه آزی-وش بود که از شرکت سلامت گستران آرایان فراهم شد. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش، با خلوص بالا از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

تهیه لوز

فرمولاسیون پایه لوز شامل سوربیتول (۲۹/۶۸ درصد)، شکر (۲۵/۸۵ درصد)، پودر نارگیل (۳۸/۷۵ درصد)، هل (۰/۳ درصد)، دارچین (۰/۲۶ درصد) و کلروفیل (۲/۵۸ درصد) انتخاب گردید، و از ایزومالت به‌عنوان پرکننده استفاده شد. برای تولید لوز ابتدا مخلوط سوربیتول و ایزومالت تا رسیدن به دمای جوش و انحلال کامل حرارت داده شد. پس از فرایند حرارتی (دمای ۱۲۶ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ساعت)، مخلوط تا دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خنک و مابقی مواد به آن اضافه و مخلوط گردید. نمونه‌های آماده‌شده قالب‌گیری شد و به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. به‌منظور تهیه لوز رژیمی غنی‌شده، متغیرهای مستقل شامل جایگزینی شکر با استویا در سطوح (۱۰۰–صفر درصد)، جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش در سطوح (۱۰۰–صفر درصد) و دمای پخت در سطوح (۵۰–۷۰ درجه سانتی‌گراد) انتخاب شدند (جدول ۱). بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شد. برای به‌دست آوردن نقطه بهینه، ۳۳ آزمایش توسط نرم‌افزار Design Expert پیشنهاد گردید (جدول ۲)، که در این جدول فاکتورها و سطوح اندازه‌گیری آن‌ها نیز آورده شده است.

آزمون‌های شیمیایی

آزمون‌های رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و قند به‌ترتیب با روش مصوب استاندارد AACC به شماره‌های ۱۴–۴۴، ۰۸–۰۱، ۴۶–۱۲، ۱۰–۳۰ و ۰۱–۵۰–۸۰ انجام شد.

آنالیز عناصر معدنی

برای آنالیز مقادیر عناصر معدنی منیزیم، کلسیم و آهن از روش خاکستر خشک استفاده شد. خاکستر سفید باقی‌مانده پس از هضم نمونه در اسید نیتریک غلیظ حل گردید و با آب دیونیزه به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. آنالیز نمونه‌های آماده‌شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی (Shimadzu, AA-6800، ژاپن) انجام

گردید. مقدار عناصر معدنی به‌صورت میلی‌گرم در لیتر بیان گردید (Devatkal *et al.*, 2004).

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و سطوح اندازه‌گیری آن‌ها

متغیرهای مستقل	فاکتور	کد و سطوح مربوطه				
		+α	+۱	۰	۱-	α-
جایگزینی شکر با استویا (٪)	A	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۰
جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش (٪)	B	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۰
دمای پخت (°C)	C	۷۰	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰

جدول ۲- آزمایش‌های ارائه‌شده توسط نرم‌افزار با استفاده از طرح RSM

Run	استویا	آزی‌وش	دمای پخت	Run	استویا	آزی‌وش	دمای پخت
۱	۵۰	۵۰	۶۰	۱۸	۲۵	۲۵	۶۵
۲	۵۰	۵۰	۵۰	۱۹	۲۵	۷۵	۶۵
۳	۵۰	۵۰	۶۰	۲۰	۲۵	۲۵	۵۵
٤	۱۰۰	۵۰	۶۰	۲۱	۲۵	۲۵	۶۵
٥	۵۰	۵۰	۷۰	۲۲	۱۰۰	۵۰	۶۰
٦	۲۵	۲۵	۵۵	۲۳	۵۰	۱۰۰	۶۰
۷	۵۰	۵۰	۶۰	۲۴	۵۰	۵۰	۵۰
۸	۵۰	۵۰	۷۰	۲۵	۷۵	۷۵	۶۵
۹	۵۰	۵۰	۶۰	۲۶	۷۵	۲۵	۵۵
۱۰	۷۵	۲۵	۵۵	۲۷	۷۵	۲۵	۶۵
۱۱	۰	۵۰	۶۰	۲۸	۲۵	۷۵	۶۵
۱۲	۵۰	۰	۶۰	۲۹	۲۵	۷۵	۵۵
۱۳	۷۵	۷۵	۵۵	۳۰	۵۰	۵۰	۶۰
۱٤	۷۵	۷۵	۵۵	۳۱	۰	۵۰	۶۰
۱٥	۷۵	۷۵	۶۵	۳۲	۲۵	۷۵	۵۵
۱٦	۵۰	۰	۶۰	۳۳	۷۵	۲۵	۶۵
۱۷	۵۰	۱۰۰	۶۰				

اندازه‌گیری دانسیته

ارزیابی حجم لوز به روش جابه‌جایی دانه‌های کلزا مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ انجام شد. بدین صورت که ابتدا دانسیته توده‌های کلزا با اندازه‌گیری وزن حجم معینی از دانه کلزا تعیین شد. سپس نمونه مورد نظر داخل ظرفی با حجم مشخص قرار گرفت و بقیه فضاهای خالی ظرف توسط دانه‌های کلزا پر و توزین شد. در نهایت، دانسیته لوز طبق روابط زیر محاسبه گردید(AACC, 2000).

(۱) (وزن ظرف –وزن کیک) –وزن کل=وزن کلزا

(۲) دانسیته کلزا/وزن کلزا=حجم کلزا

(۳) حجم کلزا–حجم ظرف= حجم لوز

(۴) حجم لوز / وزن لوز = دانسیته لوز

ارزیابی بافت

برای تعیین میزان سفتی بافت، از دستگاه بافت‌سنج (Hounsfield H512S، آلمان) استفاده گردید. حداکثر نیروی لازم برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) و با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز لوز، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید (Ronda *et al.*, 2005).

ارزیابی رنگ

جهت بررسی رنگ از روش پردازش تصویر استفاده شد. ابتدا قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از لوز تهیه گردید و به‌وسیله اسکنر (HP، G3110) تصویربرداری شد. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته‌شده توسط نرم‌افزار Image J و برنامه آن (Color-Space-Converter) از فضای رنگی RGB به *L، *a، *b تبدیل گردیدند (Salehi & Kashaninejad, 2016).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش، برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل شامل درصد جایگزینی استویا با شکر (A)، درصد جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش (B) و دمای پخت (C) بر پاسخ‌ها (دانسیته، سفتی بافت) از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه شماره ۹ و روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با میزان α برابر ۲ و ۶ نقطه مرکزی استفاده شد. کلیه بررسی‌های آماری و معنی‌داری و یا غیرمعنی‌داری داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. جست‌وجوی شرایط عملیاتی بهینه جهت دستیابی به پاسخ‌های مطلوب موردنظر با استفاده از فن بهینه‌سازی عددی انجام شد. در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف شد که آثار اصلی و متقابل متغیرها را بر روی هر فاکتور بیان می‌کند، مدل چند متغیره به‌صورت زیر است. در معادله (۱)، Y پاسخ پیش‌بینی‌شده، β_0 ضریب ثابت، β_a، β_b، β_c اثرات خطی، β_{aa}، β_{bb}، β_{cc} اثرات مربعی و β_{ab}، β_{ac}، β_{bc} اثرات متقابل می‌باشند.

$$Y=\beta 0+\beta aA+\beta bB+\beta cC+\beta aaA^2+\beta bbB^2+\beta ccC^2+\beta abAB+\beta acAC+\beta bcBC \qquad (۵)$$

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار، مدلی پیشنهاد شد که دارای انحراف استاندارد (S.D.) و مجموع مربعات باقی‌مانده برآورد شده کم و ضریب همبستگی (R^2) بالا باشد. آنالیز نتایج به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 9.1 صورت گرفت. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها و بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین آنها، از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ($p<0.05$) استفاده گردید.

نتایج و بحث

به‌منظور به‌دست آوردن مدل تجربی برای پیش‌بینی متغیرهای پاسخ (دانسیته و سفتی بافت) ابتدا رابطه‌های چندجمله‌ای شامل خطی، دو فاکتوریلی (تعاملی)، درجه دو و درجه سه بر داده‌های به‌دست‌آمده از این پاسخ برازش داده شدند و سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. ازنظر آماری مدلی مناسب است که آزمون عدم برازش آن معنی‌دار نبوده و دارای بالاترین ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح‌شده باشد. نتایج نشان داد مدل مناسب برای پیشگویی تغییرات دانسیته و سفتی بافت در اثر متغیرهای مورد بررسی (جایگزینی استویا با شکر، جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش، دمای پخت)، به‌ترتیب، مدل خطی درجه دو و درجه سه با ضریب تعیین ($R^2>0.90$) است. نتایج مربوط به تجزیه واریانس برای متغیرهای پاسخ در جدول ۳ آورده شده است.

دانسیته

جدول ۳، معنی‌داری اثر مستقل هر یک از متغیرها (جایگزینی شکر با استویا، جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش، دمای پخت)، اثر متقابل جایگزینی استویا و آزی‌وش، اثر متقابل جایگزینی آزی‌وش و دمای پخت، اثر درجه دوم جایگزینی استویا و اثر درجه دوم دمای پخت را بر دانسیته نشان می‌دهد ($p<0.05$ و یا $p<0.001$). بر اساس رابطه ۱، افزایش درصد جایگزینی استویا، درصد جایگزینی آزی‌وش و دمای پخت باعث افزایش دانسیته شد. افزایش دانسیته در مقادیر بالای استویا نیز مشاهده گردید. در نمودار سطح پاسخ (شکل ۱ الف)، اثر متقابل جایگزینی استویا و آزی‌وش بر تغییرات دانسیته نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی آزی‌وش دانسیته افزایش یافت. با کاهش درصد جایگزینی استویا، دانسیته ابتدا کاهش و پس از آن افزایش پیدا کرد. در شکل (۱ ب) مشاهده شد که با افزایش درصد استویا دانسیته افزایش یافت، و روند تغییرات دانسیته با کاهش دما ابتدا کاهشی و سپس افزایشی بود. بر طبق شکل (۱ ج)، کاهش درصد آزی‌وش و دمای پخت منجر به کاهش دانسیته شد.

رابطه ۱ بر اساس فاکتورهای کد دار شده:

$$\text{Density} = 1.13 + 0.019(A) + 0.00545(B) + 0.00865(C) - 0.00795(A*B) - 0.00455(A*C) + 0.031(B*C) + 0.035(A^2) + 0.013(C^2) \qquad (۶)$$

دانسیته یکی از خواص بیوفیزیکی مواد غذایی تلقی می‌شود که می‌تواند بافت و احساس دهانی را تحت تأثیر قرار دهد. ترکیبات فرمولاسیون و شرایط فرآوری تأثیر بسیار زیادی بر دانسیته محصول نهایی می‌گذارد (Berk, 2008). گیاه آزی‌وش منبع غنی از فیبرهای رژیمی و صمغ‌های با خاصیت جذب آب بالا می‌باشند (Yamazaki *et al.*, 2009). لذا، تغییر دانسیته تیمارها در اثر جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش را می‌توان به تغییر ترکیبات فرمول مخلوط نهایی نسبت داد. Warner و Inglett (۱۹۹۷)، با جایگزین شدن ساکارز توسط استویوزید و به‌کارگیری صمغ کتیرا در فرمولاسیون شیرینی قطاب تعداد، سطح، قطر، و ضریب گردی حفرات کاهش پیدا کرده است؛ به‌طوری‌که بیشترین قطر و سطح حفرات و همین‌طور تخلخل مربوط به تیمار کتیرای بالا بود. بیشترین میزان ضریب گردی و تعداد سلولهای هوایی مربوط به

تیمار شاهد بود. احتمالا با جایگزینی ساکارز به‌وسیله استویوزید و افزایش کتیرای فرمولاسیون، ویسکوزیته ایجاد شده کمتر از ویسکوزیته ایجاد شده در نمونه شاهد بوده و به همین دلیل سلول‌های هوایی ایجاد شده به یکدیگر متصل شده و موجب افزایش قطر و سطح حفرات شده است (قندهاری و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر جایگزینی استویا و آزی‌وش بر متغیرهای پاسخ (دانسیته و سفتی بافت)

منبع تغییرات	دانسیته (گرم برسانتی‌متر مکعب)			سفتی (نیوتون)		
	درجه آزادی	مجموع مربعات	Prob>F	درجه آزادی	مجموع مربعات	Prob>F
مدل	۸	۰/۰۲	<۰/۰۰۰۱***	۶	۵/۸۵×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***
A	۱	۲/۴۷×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***	–	–	–
B	۱	۱/۶۷×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۱۳۷***	–	–	–
C	۱	۹/۸۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۰۰۵***	–	–	–
AB	۱	۳/۵۵×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۰۳۶***	–	–	–
AC	۱	۱/۱۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۲۴۹***	۱	۵/۸۷×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۰۳**
BC	۱	۵/۴۶×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***	۱	۵/۴۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۰۳۷***
A^2	۱	۱/۱۰×۱۰$^{-۲}$	<۰/۰۰۰۱***	–	–	–
B^2	–	–	–	–	–	–
C^2	۱	۳/۱۶×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***	–	–	–
A^2B	–	–	–	۱	۱/۵۹×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***
A^2C	–	–	–	۱	۳/۶۵×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۱۱۷**
A^3	–	–	–	۱	۱/۶۴×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***
B^3	–	–	–	۱	۱/۷۸×۱۰$^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱***
C^3	–	–	–	–	–	–
باقی‌مانده	۴	۳/۷۹×۱۰$^{-۵}$	–	۱۰	۳/۸۶×۱۰$^{-۴}$	–
عدم برازش	۲	۳/۵۹×۱۰$^{-۵}$	۰/۵۲۲۸^{ns}	۸	۳/۰۹×۱۰$^{-۴}$	۰/۵۸۶۲^{ns}
خطای کل	۲	۲/۰۰×۱۰$^{-۶}$	–	۲	۷/۴۶×۱۰$^{-۵}$	–
کل	۱۲	۲/۰۰×۱۰$^{-۶}$	–	۱۶	۶/۲۴×۱۰$^{-۳}$	–

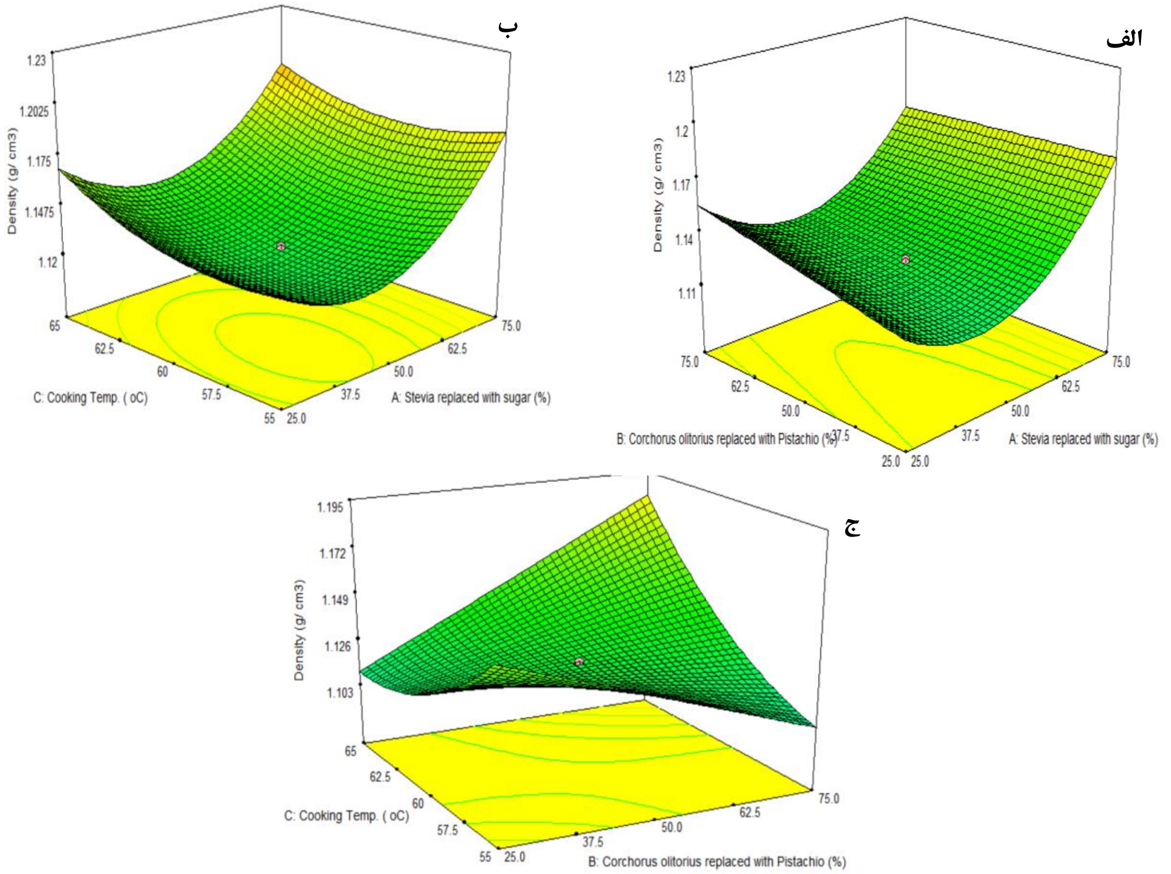
خطوط تیره در جدول نشان‌دهنده بی‌تأثیر بودن متغیر مربوطه در پاسخ‌های اندازه‌گیری شده است، ***: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۱ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

با بررسی اثر جایگزینی چربی و آرد با فیبر بتاگلوکان بر خواص نوعی دیده شد که این جایگزینی باعث افزایش دانسیته و چسبندگی بافت کیک شد (Gomez *et al.*, 2010). Gilbert و همکاران (۲۰۰۲)، در تحقیق خود نشان دادند که آرد کتان سبب تغییر حجم مخصوص و دانسیته می‌شود. این محققان اذعان داشتند که حضور ترکیبات فیبری در آرد کتان موجب کاهش حجم مخصوص و افزایش دانسیته در نمونه‌های حاوی ۲۰٪ و ۳۰٪ آرد کتان شده ولی در نمونه‌های حاوی ۱۰٪ آرد کتان به دلیل پایین‌تر بودن مقدار ترکیبات فیبری تغییری در حجم مخصوص ایجاد نشده است. Gomez و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر میزان فیبر، اندازه ذرات و نوع آن بر کیفیت کیک لایه‌ای پرداختند و گزارش نمودند که اضافه کردن فیبرهای نامحلول سبب افزایش دانسیته کیک می‌شود. اثرات جایگزینی ساکارز و گلوکز با دو نوع شیرین‌کننده رژیمی سوربیتول و ایزومالت بر ویژگی‌های بافتی گز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش میزان سوربیتول نرمی نمونه‌ها و دانسیته آنها افزایش یافت (امام‌جمعه و همکاران، ۱۳۸۹).

سفتی بافت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) و رابطه ۲ اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و دمای پخت، اثر متقابل جایگزینی آزی‌وش با پسته و دمای پخت، اثر متقابل درجه دوم استویا با شکر و درجه اول

جایگزینی آزی‌وش با پسته، اثر متقابل درجه دوم جایگزینی استویا با شکر و درجه اول دمای پخت، اثر درجه سوم جایگزینی استویا با شکر و اثر درجه سوم جایگزینی آزی‌وش با پسته بر سفتی بافت معنی‌دار بود ($p<0.05$ و یا $p<0.001$).



شکل ۱- نمودار سطح پاسخ اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و جایگزینی آزی‌وش با پسته (الف)، اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و دمای پخت (ب)، اثر متقابل جایگزینی آزی‌وش با پسته و دمای پخت (ج) بر دانسیته لوز رژیمی.

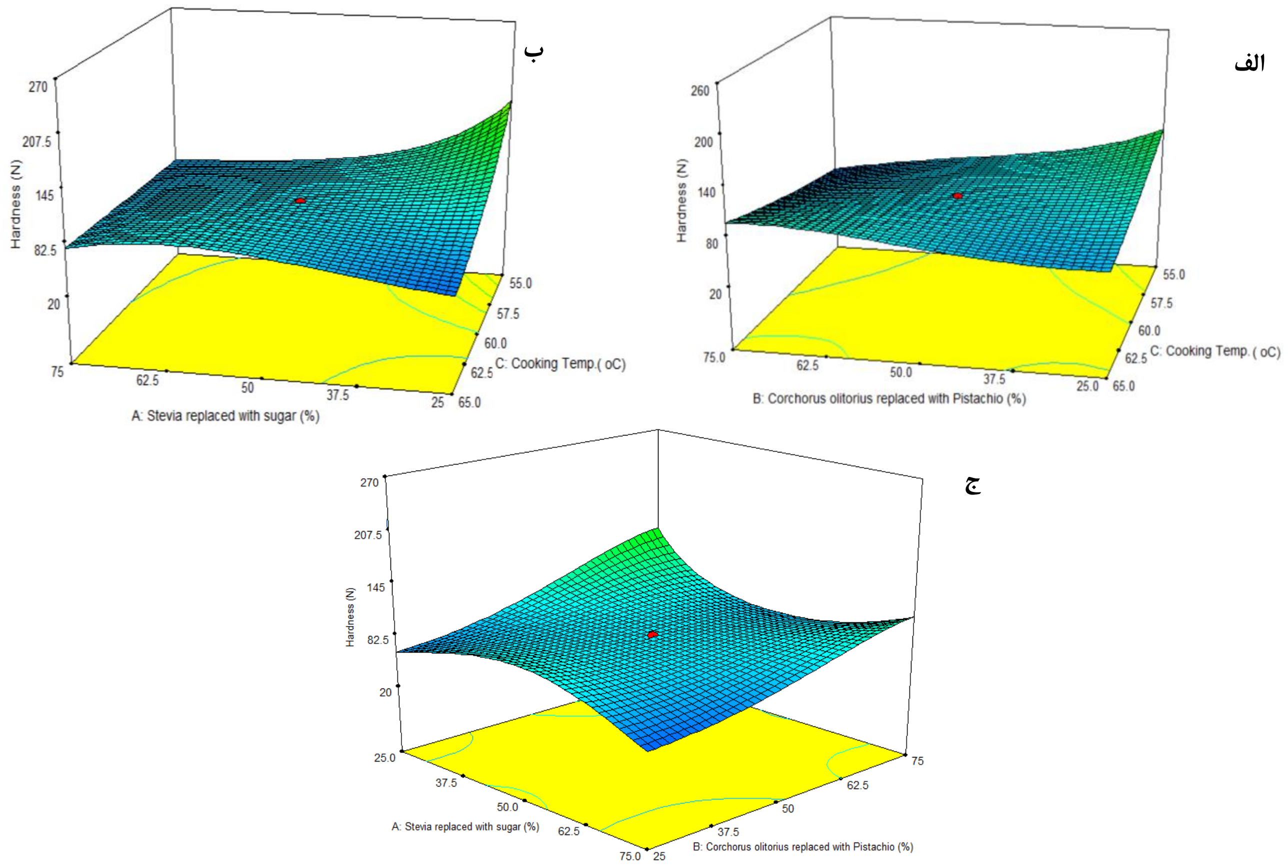
نتایج شکل (۲ الف) نشان دهد که اثر متقابل درصد جایگزینی آزی‌وش با پسته و دمای پخت معنی‌دار است و در سطوح پایین جایگزینی آزی‌وش با پسته با کاهش دمای پخت سختی افزایش پیدا کرده و در دمای پایین و بالای پخت با افزایش درصد جایگزینی آزی‌وش با پسته، میزان سختی به‌ترتیب کاهش و افزایش معنی‌دار پیدا کرده است. شکل (۲ ب) نشان داد که اثر متقابل دو متغیر جایگزینی استویا با شکر و دمای پخت معنی‌دار است به‌طوری‌که در سطوح پایین جایگزینی استویا با شکر با کاهش دمای پخت سختی افزایش پیدا کرده و در دمای پایین و بالای پخت با افزایش درصد جایگزینی استویا با شکر، میزان سختی به‌ترتیب کاهش و افزایش معنی‌دار پیدا کرده است. شکل (۲ ج) نشان داد که اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و جایگزینی آزی‌وش با پسته معنی‌دار است و در هر سطح جایگزینی استویا با شکر، با افزایش درصد جایگزینی آزی‌وش سختی افزایش معنی‌دار نشان داده است و در سطوح پایین جایگزینی آزی‌وش با پسته، با افزایش جایگزینی استویا با شکر سختی ابتدا افزایش و سپس کاهش معنی‌دار نشان داده است و در سطوح بالای جایگزینی آزی‌وش با پسته، با افزایش درصد جایگزینی استویا با شکر، میزان سختی ابتدا کاهش و سپس افزایش معنی‌دار را نشان داده است.

رابطه ۷ بر اساس فاکتورهای کددار شده:

$$Hardness(N)^{-0.03} = 0.88 - 0.00856(A*C) - 0.00826(B*C) - 0.015(A^2*B) + 0.00676(A^2*C) + 0.00347(A^3) + 0.00373(B^3) \quad (۷)$$

عوامل متعددی همچون نسبت شکر به شربت گلوکز، رطوبت، ماده خشک، و نوع و کمیت ترکیبات فرمولاسیون (پروتئین و چربی) به‌شدت بر سفتی بافت مؤثر هستند (Chandan & Kilara, 2010).

بنابر این، تغییر سفتی تیمارها به‌واسطه جایگزینی پودر پسته با آزی‌وش می‌تواند به دلیل حضور مقادیر بالای پروتئین، فیبر و چربی در این گیاه باشد (Islam, 2013). به‌علاوه، آزی‌وش به‌علت دارا بودن مقادیر بالای ترکیبات هیدروکلوئیدی (Yamazaki *et al.*, 2009)، تأثیر قابل توجهی بر سفتی بافت گذاشت (Poonnakasem *et al.*, 2015).



شکل ۲- نمودار سطح پاسخ اثر متقابل جایگزینی آزی‌وش با پسته و دمای پخت (الف)، اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و دمای پخت (ب) و اثر متقابل جایگزینی استویا با شکر و جایگزینی آزی‌وش با پسته بر سفتی بافت.

Lee و Bernnand (۲۰۰۵) گزارش دادند که نیروی موردنیاز برای فشردن نوعی کوکی با افزایش ایزوله پروتئین سویا تا حدود ۱۵ درصد افزایش یافت. عوض‌صوفیان و همکاران (۱۳۹۳)، تأثیر کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خمیر و کیک فاقد گلوتن حاصل از آرد برنج بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزودن صمغ زانتان میزان سفتی، رطوبت و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها افزایش یافت. استویا با تغییر دانسیته محصول نهایی موجب تغییر سفتی بافت لوز می‌گردد. با افزایش میزان کتیرا در قطاب‌های حاوی استویوزید به‌طور معنی‌داری میزان سختی کاهش می‌یابد. در واقع از یک طرف جایگزینی ساکارز با استویوزید باعث سختی بافت شده و از طرف دیگر حضور کتیرا موجب کاهش سختی بافت قطاب شد. این موضوع را می‌توان به علت تشکیل شبکه و حفظ رطوبت در بافت شیرینی سنتی قطاب به علت وجود گروههای هیدروکسیل موجود در صمغ کتیرا نسبت داد، که در نهایت منجر به کاهش سختی بافت شده است(قندهاری و همکاران، ۲۰۱۳). بررسی اثر جایگزینی شکر با مخلوط شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و مالتودکسترین-ایزومالت در کوکی شکلاتی نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی شکر، قطر کوکی‌ها و سفتی بافت کاهش یافت (Harison & Branlett, 2012).

بهینه‌یابی

شرایط بهینه برای تولید لوز رژیمی غنی‌شده با کمک استویا و آزی‌وش با استفاده از تکنیک بهینه‌یابی عددی صورت گرفت. در جدول ۴ دامنه مقادیر به‌دست آمده برای فرایند بهینه‌یابی و هدف آن مشخص شده است.

جدول ٤- مقادیر مورد استفاده برای بهینه‌یابی و ویژگی و یا هدف آن

متغیر مستقل و پاسخ	حد پایین	حد بالا	هدف
جایگزینی استویا با شکر (٪)	۲۵	۷۵	is in range
جایگزینی آزی‌وش با پودر پسته (٪)	۲۵	۷۵	is in range
دمای پخت (°C)	۵۰	۶۵	is in range
دانسیته (g/cm^3)	۱/۱۲۳	۱/۲۲۸	Minimize
سفتی بافت (N)	۲۶/۵۲	۲۶۵/۸۴	Minimize

مقایسه نمونه بهینه و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری

شرایط بهینه برای تولید لوز رژیمی غنی‌شده شامل بهینه ۱: ٪۲۵ استویا، ٪۲۵ آزی‌وش و دمای پخت ۶۵ درجه سانتی‌گراد و بهینه ۲: ٪۵۵ استویا، ٪۷۵ آزی‌وش و دمای پخت ۵۵ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد گردید.

ویژگی‌های کیفی و فیزیکی

رطوبت نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد در طی دوره نگهداری افزایش داشته است ($p<0.05$). باگذشت زمان در طول دوره نگهداری (۴۵ روز)، درصد رطوبت نمونه بهینه ۱ تغییر چشمگیری نکرده است ($p>0.05$). بررسی و مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه بهینه و نمونه شاهد به‌ترتیب بیانگر افزایش و کاهش، درصد خاکستر و قند کل نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد می‌باشد ($p<0.05$). محتوی پروتئین در نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد به‌طور قابل توجهی بالاتر است ($p<0.05$). درصد چربی نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد تغییر محسوسی نکرده است ($p>0.05$)، (جدول ۵). افزایش دانسیته نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه شاهد تنها در روز ۳۰ نگهداری مشاهده می‌شود ($p<0.05$). افزایش دانسیته نمونه بهینه ۲ نسبت به نمونه شاهد در طول نگهداری مشهود است ($p<0.05$). دانسیته نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد طی دوره نگهداری تغییر چندانی را نشان نمی‌دهد ($p>0.05$).

مقادیر بالای فیبرهای رژیمی و صمغ‌ها در آزی‌وش (Musa & Ogbadoyi, 2012)، باعث افزایش درصد رطوبت نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد گردیده است.در مطالعه Uysal و همکاران (۲۰۰۷)، اثر جایگزینی آرد گندم با منابع مختلف فیبر رژیمی (سیب، لیمو، سبوس گندم) بدون استفاده از آنزیم همی سلولاز و با استفاده از این آنزیم را بر ویژگی‌های کیفی نوعی شیرینی مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که افزایش میزان فیبر باعث افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی می‌شود. Conforti و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند که مالتودکسترین و شربت ذرت با فروکتوز بالا خاصیت جاذب الرطوبه داشته، آب را جذب و به آن متصل می‌شود و سبب افزایش میزان مواد جامد محلول و ویسکوزیته می‌شود. این محققین گزارش کردند که محتوی رطوبت نمونه‌های کیک حاوی ٪۱۰۰-۲۵ از شربت ذرت با فروکتوز بالا تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

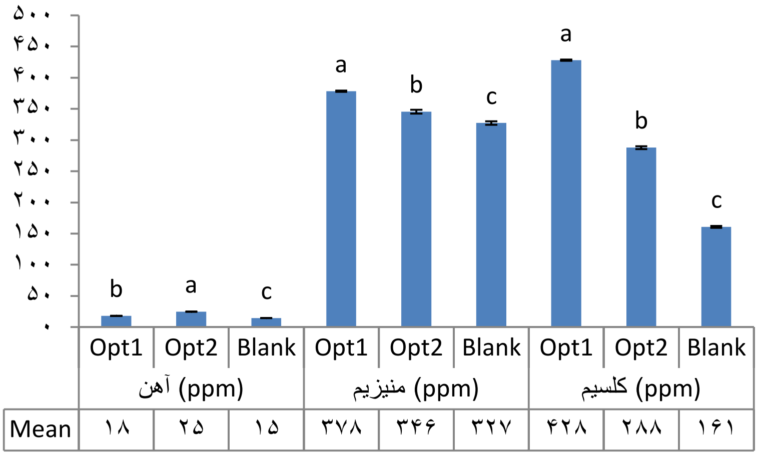
گیاه آزی‌وش حاوی مقادیر بالای پروتئین (۵-۶ درصد) و اسید آمینه‌ها می‌باشد (Islam, 2013). از این‌رو، حضور آن در فرمولاسیون لوز موجب افزایش محتوی پروتئین شده است. از سوی دیگر، پسته نیز منبع غنی از پروتئین می‌باشد (Okay, 2002)، لذا جایگزینی آن با آزی‌وش در مقادیر بالا موجب کاهش محتوی پروتئین لوز گردیده است. Noor Aziah و komathi (۲۰۰۹)، اذعان داشتند که افزودن آرد نخود و آرد ماش به آرد گندم در فرمولاسیون کوکی موجب افزایش محتوی پروتئین، نشاسته مقاوم و پذیرش کلی نهایی محصول می‌گردد. Islam (۲۰۱۳)، گزارش نمود که گیاه آزی‌وش حاوی ۲-۳ درصد خاکستر است. در نتیجه، افزایش درصد خاکستر لوز بهینه نسبت به نمونه شاهد به همین امر نسبت داده می‌شود. کاهش درصد قند کل نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به کاهش میزان ساکارز لوز رژیمی نسبت داد. Butt و همکاران (۲۰۰۲)، با جایگزینی ساکارز با مانیتول، سوربیتول و فروکتوز و بررسی تأثیر این جایگزینی بر خواص کیک اعلام کردند که استفاده از این شیرین کننده‌های رژیمی منجر به کاهش کالری در کیک شده و با افزایش درصد جایگزینی ساکارز با این قندها از میزان قند کل و کالری محصول کاسته می‌شود.

نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که مقادیر منیزیم، کلسیم و آهن نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد بالاتر است ($p<0.05$). با افزایش درصد جایگزینی استویا و آزی‌وش از مقدار منیزیم و کلسیم به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود ($p<0.05$). در حالیکه با افزایش درصد جایگزینی استویا و آزی‌وش مقدار آهن افزایش پیدا کرده است ($p<0.05$). بر اساس شواهد موجود، گیاه آزی‌وش منبع غنی از عناصر معدنی، به‌ویژه منیزیم و کلسیم می‌باشد (Olowolaju, 2017). بنابر این، استفاده از آن در فرمول لوز تأثیر چشم‌گیری در افزایش عناصر معدنی مذکور داشته است.

جدول ۵- مقایسه ویژگی‌های کیفی و فیزیکی نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری

نمونه	روز	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	پروتئین (٪)	چربی (٪)	قند (٪)	دانسیته (g/cm^3)
بهینه ۱	۰	۵/۵۸±۰/۰۵۵[d]	۴/۰۸±۰/۰۳۲[b]	۴/۴۷±۰/۰۲۷[a]	۲۳/۸۷±۱/۳۴۴[a]	۱۲/۱۶±۰/۴۳۱[c]	۱/۲۷۷±۰/۰۸۱[cdef]
	۱۵	۵/۵۲±۰/۱۱۳[d]	-	-	-	-	۱/۳۱۷±۰/۰۸۳[bcde]
	۳۰	۵/۴۴±۰/۳۳۶[d]	-	-	-	-	۱/۳۸۷±۰/۰۱۵[abc]
	۴۵	۵/۴۱±۰/۱۰۵[d]	-	-	-	-	۱/۳۳۰±۰/۰۴۵[abcd]
بهینه ۲	۰	۱۱/۱۶±۰/۲۲۶[b]	۴/۲۵±۰/۰۲۷[a]	۴/۳±۰/۰۸۳[b]	۲۲/۹۶±۲/۰۰۳[a]	۱۷/۲۹±۰/۱۷۱[b]	۱/۴۴۰±۰/۱۵۶[abc]
	۱۵	۱۱/۴۷±۰/۲۰۱[b]	-	-	-	-	۱/۴۸۰±۰/۰۹۵[ab]
	۳۰	۱۲/۰۳±۰/۶۳۰[a]	-	-	-	-	۱/۵۱۰±۰/۱۴۴[a]
	۴۵	۱۱/۴۱±۰/۶۶۷[b]	-	-	-	-	۱/۵۱۰±۰/۱۴۴[a]
شاهد	۰	۶/۹۰±۰/۱۱[c]	۱/۴۲±۰/۰۳۳[c]	۴/۲±۰/۰۵۴[b]	۲۵/۱۴±۲/۴۰۴[a]	۲۳/۶۷±۱/۰۱۵[a]	۱/۱۴۳±۰/۰۸۶[ef]
	۱۵	۱/۲±۰/۰۳۰[e]	-	-	-	-	۱/۲۰۳±۰/۰۳[def]
	۳۰	۷/۱۳±۰/۳۶[c]	-	-	-	-	۱/۱۲۰±۰/۱۰۵[f]
	۴۵	۷/۰۷±۰/۱۲۴[c]	-	-	-	-	۱/۱۸۰±۰/۰۵۵[def]

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($p<0.05$)



شکل ۳- مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد.

ویژگی‌های بافتی

ارزیابی بافت نمونه‌ها نشان می‌دهد که روند تغییرات سفتی بافت در نمونه بهینه ۲ نسبت به نمونه بهینه ۱ و نمونه شاهد کاهشی می‌باشد. کاهش سفتی نمونه بهینه ۱ تنها در روز ۴۵ نگهداری مشاهده می‌گردد. میزان سفتی در نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد طی نگهداری تغییر محسوسی نداشته است ($p<0.05$). میزان پیوستگی و ارتجاعیت نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طی دوره نگهداری تغییر محسوسی نکرده است ($p>0.05$). کاهش چسبندگی در نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد در روزهای صفر و ۴۵ نگهداری مشاهده می‌شود ($p<0.05$). چسبندگی نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری را در طول دوره نگهداری نشان نمی‌دهد ($p>0.05$). کاهش قابلیت جویدن نمونه بهینه ۲ نسبت به نمونه بهینه ۱ و نمونه شاهد مشهود است ($p<0.05$). قابلیت جویدن نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه شاهد افزایش پیدا کرده است ($p<0.05$). بر اساس یافته‌های به‌دست آمده در پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر ویسکوزیته مخلوط در اثر تغییر نوع و مقدار شیرین‌کننده یعنی جایگزینی استویا با شکر (Lee *et al.*, 2008)، هم‌چنین افزایش ویسکوزیته نسبی مخلوط در اثر وجود مقادیر قابل‌توجه ترکیبات فیبری و صمغ‌ها در آزی‌وش (Guarda *et al.*, 2004)، توانسته تأثیر به‌سزایی بر بافت لوز بگذارد. تغییرات بافت لوز در طول مدت‌زمان نگهداری، می‌تواند ناشی از آرایش مجدد پلی‌ترها در ناحیه آموروف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت میان ناحیه آموروف و بلوره‌ای باشد (Chandan & Kilara, 2010).

جدول ٦- مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری

نمونه	روز	سختی (N)	پیوستگی (N. S)	چسبندگی (–)	فنریت (–)	صمغیت (–)	قابلیت جویدن (–)
بهینه ۱	۰	۷۰/۹±۷/ ۰۳۲^{ab}	۰/۳۲۶±۰/۰۰۷۷^{ab}	۰/۰۰۲±۰/۰۰۳^{e}	۰/۲۷۹±۰/۰۰۴۶^{bcd}	۲۳/۱۱±۱/۹۹۰^{a}	۶/۴۶۱±۰/۶۰۲^{a}
	۱۵	۴۷/۰۹۳±۳/۳۳۷^{bcd}	۰/۲۷۹±۰/۰۱۳^{abcd}	۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۱^{e}	۰/۳۳۹±۰/۰۳۲۶^{ab}	۱۲/۸۳±۵/۵۳۸^{cde}	۴/۱۷۳±۱/۸۰۴^{bc}
	۳۰	۸۱/۰۵±۱۳/۰۷۹^{a}	۰/۲۶۱±۰/۰۱۶^{abcd}	۰/۰۰۳۹±۰/۰۰۳۳^{de}	۰/۲۶۸±۰/۰۷۹^{cd}	۲۱/۲۷±۴/۶۰۹^{ab}	۵/۷۱۱±۱/۳۳۴^{ab}
	۴۵	۶۶/۲۹۳±۵/۲۷۸^{ab}	۰/۲۷۹±۰/۰۱۵^{abcd}	۰/۰۰±۰/۰۰^{e}	۰/۳۰۱±۰/۰۱۴۷^{abc}	۱۸/۴۶±۱/۰۱۵^{abc}	۵/۵۶۵±۱/۵۷۶^{ab}
بهینه ۲	۰	۱۴/۲۱±۱/۱۲۸^{ef}	۰/۲۴۸±۰/۰۱۱۲^{bcd}	۰/۰۱۱۳±۰/۰۰۴۹^{cd}	۰/۱۹۴±۰/۰۰۱۱^{e}	۳/۵۱۹±۰/۳۰۳^{g}	۰/۶۸۱±۰/۰۵۶^{e}
	۱۵	۹/۸۴۶±۰/۵۴۰^{f}	۰/۳۴۹±۰/۰۳۳۱^{a}	۰/۰۰۲۸±۰/۰۰۱۳^{de}	۰/۳۱۰±۰/۰۳۴^{abc}	۳/۴۳۲±۰/۳۳۳^{g}	۱/۰۷۳±۰/۲۱۸^{e}
	۳۰	۱۶/۲۶±۳/۲۴۶^{ef}	۰/۲۸۷±۰/۰۱۵۳^{abc}	۰/۰۰۳۷±۰/۰۰۱^{de}	۰/۲۵۲±۰/۰۱۱^{d}	۴/۶۴۲±۰/۸۰۵^{g}	۱/۱۶۳±۰/۱۵۲^{e}
	۴۵	۳۳/۵۵±۳/۷۷۴^{def}	۰/۲۶۱±۰/۰۸۲^{abcd}	۰/۰۲۳۳±۰/۰۰۲^{a}	۰/۲۹۳±۰/۰۳۴^{bcd}	۶/۷۲۹±۵/۴۱۴^{fg}	۱/۹۱۴±۱/۴۲۹^{de}
شاهد	۰	۶۲/۳۴۵±۴/۷۰۹^{abc}	۰/۲۶۳±۰/۰۳۸^{abcd}	۰/۰۱۴۵±۰/۰۰۴۳^{bc}	۰/۲۵۳±۰/۰۲۷^{d}	۱۶/۴۴±۳/۶۲۵^{bcd}	۴/۲۰۲±۱/۲۸۸^{bc}
	۱۵	۳۶/۴۷±۵/۶۰۳^{cde}	۰/۲۴۳±۰/۰۲۳۰^{bcd}	۰/۰۰۱۴±۰/۰۰۱۹^{e}	۰/۳۵۳±۰/۰۰۸^{a}	۸/۹۱۵±۱/۹۶۹^{efg}	۳/۱۵۲±۰/۷۲۹^{cd}
	۳۰	۵۴/۳۵±۱۸/۶۷^{bcd}	۰/۲۱۸±۰/۰۲۲^{cd}	۰/۰۰۳۲±۰/۰۰۳۴^{de}	۰/۳۲۱±۰/۰۳۴^{abc}	۱۱/۷۰±۳/۷۹۷^{def}	۳/۷۸۳±۱/۴۷۵^{bcd}
	۴۵	۵۸/۵۴±۱۶/۱۸^{abcd}	۰/۱۸۳±۰/۰۲۴^{d}	۰/۰۲۲±۰/۰۱۲۷^{ab}	۰/۳۱۸±۰/۰۵۹۹^{abc}	۱۰/۶۳±۲/۴۱۷^{def}	۳/۳۶۴±۰/۸۹۹^{cd}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($p<0.05$).

رنگ

نتایج ارزیابی رنگ نشان می‌دهد که شاخص روشنی (L*) و شاخص زردی- آبی (b*) کاهش و شاخص سبزی- آبی (a*) افزایش می‌یابد ($p<0.05$). افزایش تغییرات رنگ (ΔE) در نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد در طی دوره نگهداری مشاهده می‌شود ($p<0.05$). کاهش اندیس قهوه‌ای شدن نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه شاهد در روز ۱۵ نگهداری مشهود است ($p<0.05$). اندیس قهوه‌ای شدن نمونه بهینه ۲ نسبت به نمونه شاهد در روزهای صفر و ۳۰ نگهداری کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<0.05$).

تغییرات مشاهده‌شده در رنگ (L*، a*، b*) نمونه‌های لوز بهینه نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به رنگ سبز گیاه آزی‌وش و وجود رنگیزه‌های طبیعی آن ازجمله کلروفیل و کاروتنوئیدها نسبت داد (Islam, 2013). کاهش اندیس قهوه‌ای شدن در اثر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های رژیمی بر روی محصولات مختلف در بررسی‌های متعددی گزارش‌شده است. نوری و همکاران (۱۳۹۰)، با جایگزینی ساکارز با غلظت‌های مختلف اریتریتول و الیگوفروکتوز در کیک اسفنجی به چنین نتیجه مشابهی دست یافتند. در پژوهشی Lu و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی اثر جایگزینی پودر چای سبز به‌جای آرد گندم در کیک اسفنجی پرداختند و گزارش نمودند که با افزایش

سطح پودر چای سبز، شاخص *L و *b مغز کیک کاهش و شاخص *a افزایش یافت که علت تغییر رنگ در کیک را به واکنش‌های اکسیداسیون بین رنگ‌دانه‌ها و ترکیبات پلی فنولی نسبت دادند. نتایج حاصل از تحقیقات Lothrop و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داد که جایگزینی ساکارز با مخلوط اریتریتول و استویا در کیک اختلاف معنی‌داری را در رنگ تیمارهای رژیمی نسبت به نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند.

جدول ۷- مقایسه رنگ نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری

نمونه	روز	L*	a*	b*	اندیس قهوه‌ای شدن	تغییرات رنگ
بهینه ۱	۰	۳۲/۹۹±۱/ ۷۰۳[cde]	−۱۲/۷۳±۱/۰۸۴[de]	۱۲/۲۶±۰/۲۹۱[c]	۸/۵۵±۲/۴۸۵[a]	۶/۷۲±۱/۷۵۸[def]
	۱۵	۲۵/۵۲±۵/۱۰۱[h]	−۱۲/۲۷±۲/۵۰۵[bcd]	۹/۶۴±۱/۷۵۳[fg]	۳/۲۰±۱/۵۴۷[de]	۱۴/۲۳±۵/۸۹[ab]
	۳۰	۳۵/۵۷±۱/۹۲۷[bcd]	−۱۲/۴۷±۰/۷۱۴[cd]	۸/۷۵±۰/۶۸۶[g]	۱/۵۷±۰/۸۰۷[e]	۸/۸۴±۰/۹۱۶[de]
	۴۵	۳۲/۰۵±۱/۱۰۷[def]	−۱۱/۶۹±۰/۵۸۲[bc]	۱۰/۴۷±۰/۵۳۴[ef]	۷/۲۱±۰/۲۹۳[abc]	۹/۴۲±۱/۱۹۷[cde]
بهینه ۲	۰	۲۷/۳۸±۰/۹۹۹[gh]	−۱۴/۴۸±۰/۵۶۲[ef]	۱۲/۰۷±۰/۹۴۷[cd]	۵/۷۳±۲/۶۷۱[bcd]	۱۰/۸۶±۱/۳۵۱[bcd]
	۱۵	۲۸/۰۱±۳/۱۷۲[fgh]	−۱۳/۸۲±۰/۷۶۵[de]	۱۱/۲۵±۰/۶۸۷[de]	۵/۱۴±۰/۹۳۰[cd]	۱۰/۹۳±۳/۲۰۶[d]
	۳۰	۳۰/۶۷±۳/۲۷۰[efg]	−۱۰/۷۳±۰/۴۴۷[ab]	۶/۵۶±۰/۲۰۹[h]	۵/۰۸±۱/۲۰۵[cd]	۱۳/۳۱±۱/۷۴۵[abc]
	۴۵	۲۶/۲۳±۰/۶۷۸[gh]	−۹/۷۷±۰/۴۰۷[a]	۸/۵۸±۰/۲۷۱[g]	۶/۵۸±۰/۹۰۹[abc]	۱۵/۲۶±۰/۴۲۰[a]
شاهد	۰	۳۷/۲۸±۰/۸۷۰[bc]	−۱۷/۶۵±۰/۶۹۵[hi]	۱۵/۵۴±۰/۳۲۹[a]	۹/۲۸±۰/۶۴۹[a]	۰/۹۴۳±۰/۰۹۲[g]
	۱۵	۳۹/۵۶±۲/۷۳۵[ab]	−۱۸/۴۶±۰/۱۱۵[i]	۱۵/۶۵±۰/۴۰۶[a]	۷/۰۲±۱/۷۰۷[abc]	۲/۹۱۶±۱/۹۴۶[fg]
	۳۰	۴۲/۶۱±۰/۷۵۹[a]	−۱۶/۶۸±۰/۴۱۷[gh]	۱۲/۷۱±۰/۴۶۲[cd]	۱/۱۴±۰/۵۱۶[e]	۶/۱۵۳±۰/۴۰۲[ef]
	۴۵	۳۸/۳۱±۳/۵۴۱[ab]	−۱۵/۹۵±۰/۷۷۰[fg]	۱۴/۱۴±۰/۸۸۰[b]	۸/۱۱±۱/۲۰۶[ab]	۳/۷۱۶±۱/۴۴۴[fg]

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($p<0.05$).

نتیجه‌گیری

افزایش درصد جایگزینی استویا با شکر و آزی‌وش با پسته باعث افزایش دانسیته تیمارها گردید. افزایش دمای پخت باعث افزایش دانسیته تیمارها شد. افزایش درصد جایگزینی استویا با شکر، باعث افزایش سفتی بافت شد. لوز رژیمی غنی‌شده، با فرمول بهینه یک شامل ۲۵ درصد استویا، ۲۵ درصد آزی‌وش با دمای پخت ۶۵ درجه سانتی‌گراد؛ و فرمول بهینه دو شامل ۵۵ درصد استویا، ۷۵ درصد آزی‌وش با دمای پخت ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان نمونه بهینه به‌ترتیب با میزان سفتی ۴۹/۵۷ و ۶۴ نیوتن و دانسیته ۱/۱۳۶ و ۱/۱۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب معرفی گردید. استفاده از گیاه آزی-وش اثرات مثبتی بر ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی از جنبه پروتئین، خاکستر و عناصر معدنی مانند آهن، منیزیم و کلسیم داشت. به‌طوری‌که میزان افزایش برخی عناصر در نمونه بهینه یک و دو نسبت به نمونه شاهد برای مثال آهن به‌ترتیب ۲۰ و ۶۷ درصد، برای منیزیم ۱۵/۶ و ۶ درصد و برای کلسیم ۱۶۶ و ۷۹ درصد مشاهده گردید.

منابع

AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, (10thed.)

Afshari, M., Boloryan, S, 2014, Optimization of sugar-free sweetened formulation using authorized additives to enhance its qualitative and nutritional properties. *Journal of Food Industry Research*, 22 (3): 24-34(in Persian)

Antia, B.S., Akpan, E.J., Okon, P.A., Umoren, I.U, 2006. Nutritive and anti-nutritive evaluation of sweet potatoes (Ipomoea batatas, L) leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5: 166-168

Avaz Sofyan, A., Aalami, M., Sadeghi Mahonak, A.R., Ghorbani, M., Ziaeefar, A.M, 2014, Using sweet almond meal and xanthan gum to make gluten free cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 3(2): 185-196 (in Persian)

Aziah, N., Komathi, A, 2009, Acceptability attributes of crackers made from different types of composite flour. *International Food Research Journal*, 16, 479-482

Berk, Z, 2008, Food process engineering and technology, Academic press.

Butt, M.S., Pasha, I., Tufail, F., Anjum, F.M, 2002, Use of low absorptive sweeteners in cakes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4(2): 249-251

Chandan, R.C., Kilara, A, 2010, Dairy ingredients for food processing. John Wiley & Sons. Chemistry, 90: 549-555

Conforti, F.D., Nee, P., Archilla, L, 2001, The synergistic effects of maltodextrin and high-fructose corn sweetener 90 in a fatreduced muffin. *International Journal of Consumer Studies*, 25(1): 3-8

Devatkal, S., Mendiratta, S.K., Kondaiah, N., Sharma, M.C., Anjaneyulu, A.S.R, 2004, Physiochemical, functional and microbiological quality of buffalo liver. *Journal of Meat Science*, 68(1): 79-86(in Persian)

Emam Jome, Z., Qahiri R., Asadi, G.M, 2010, The effect of replacement of sucrose and glucose with two types of dietary sweetener on tissue properties and microstructure of Gaz. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6 (2):130-135(in Persian)

Gao, J., Brennan, M.A., Mason, S.L., Brennan C, 2017, Effects of Sugar Substitution with (*Stevianna*) on the Sensory. *Journal of Food Quality*, 2: 1-11

Ghandehari Yazdi, A.P., Hojatoleslami, M., Keramat, J., Jahadi, M, 2013, Effect of sucrose replacement with stevia diet sweetener and addition of Tragacanth gum rheological properties of structural Ghottab traditional confectionery. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 6(3): 97-106

Gilbert, J.C, 2002, Evaluation of flax and rice bran on the physical and chemical properties of bread for achieving health benefits. MSc Thesis, Purdue University, West Lafayette.

Gomez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., Caballero, P.A, 2010, Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologi-*Food Science and Technology*, 43: 33-38

Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J, 2004, Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Journal of Food Hydrocolloids*, 18: 241-247

Harison, J., Branlett, A, 2012, Functionaly ofsucralose-maltodextrin- esomalt belends in reduced in sugar chocolate chip cookies. *Journal of Food nutrition science*, 3: 58

Idirs, S., Yisa, J., Ndamitso, M.M, 2009, Nutritional composition of *Corchorus olitorius* leaves. *Animal Production Research Advances*, 5(2), 83-87

Islam, M, 2013, Biochemistry, Medicinal and Food values of Jute (*Corchorus capsularis* L. and C. olitorius L. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 2(11): 35-44

Jain, P., Kachhwaha, S., Kothari, S.L, 2009, Improved Micropropagation Protocol and Enhancement in Biomass and Chlorophyll Content in stevia Rebaudiana (Bert.) Bertoni byusing high copper levels in the culture medium. *Scientia Horticulturae*, 119: 315-319.

Lee, C.C., Wang, H.F., Lin, S.D, 2008, Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*, 85(4): 515-521

Lee, K., Brennand, C.P, 2005, Physico-chemical, textural and sensory properties of a fried cookie system containing soy protein isolate. *International Journal of Food Science and Technology*, 40: 501-508

Lee, K.Y., Park, S.Y., Lee, H.G, 2011, Effect of oat β-glucan and its oxidised derivative on the quality characteristics of sponge cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 46: 2663-2668

Lothrop, R.S., Avens, j., Hyatt, D., Miller, J, 2012, Phisicochemical and sensory quality of chiffon cake prepared with rebaudioside A and erithritol as replacement for sucrose. Department of food science and human nutrition,Colorado state university

Lu,T.M., Lee, C.C., Mau, J.L., Lin, S.D, 2010, Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Journal of Food Chemistry*, 119: 1090-1091

Musa1, A., Ogbadoy, E.M, 2012, Effect of cooking and sun drying on micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* (Jute Mallow). *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(3): 1-8

Nourri, A., Payqambar Doost, S., Hesari, J., Azad Mard Damirchi, S., Raft, A, 2011, The effect of different concentrations of sorbitol and oligofructose as a sucrose replacement on the physico-chemical properties of low calorie sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research*, 7(3): 243-249(in Persian)

Okay, Y, 2002, The Comparison of some Pistachio Cultivars Regarding their Fat, Fatty acids and Protein Content. Gartenbauwissenschaft, 67(3): 107-113

Poonnakasem, N., Laohasongkram, K., CHaiwanichsiri, S, 2015, Influence of hydrocolloids on batter properties and textural kinetics of sponge cake during storage. *Journal of Food Quality*, 38: 441-449

Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C.A., Caballero, P.A, 2005, Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*, 90: 549-55

Salehi, F., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ziaiifar, A.M, 2016, Drying of Button Mushroom by Infrared-Hot Air System. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 59(13): 151-159(in Persian)

Savita, S., Sheela, K., Sunanda, S., Shankar, A., Ramakrishna, P, 2004, Stevia rebaudiana-a functional component for food industry. *Journal of Human Ecology*, 15(4): 261-264

Uysal, H., Bilgicli, N., Elgun, A., Ibanoglu, S., Herken, E.N., Kursatdemir, M, 2007, Effect of dietry fibre and xylanase enzymeaddition on the selected properties of wire-cutcookies. *Journal of Food Eengeering*, 78:1074-1078

Vatankhah, M., Elhami, Rad A.H., Yaghbani, M., Nadiyan, N., Akbariyan Meymand, M.J, 2015, Feasibility study of dietary biscuit production using stevioside sweetener. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2):170-175

Warner, K., Inglett, G.E, 1997, Flavor and Texture Characteristics of Foods Containing Z-Trim Corn and Oat Fibers as Fat and Flour Replacers. *Journal of Cereal Foods World*, 42(10): 821-825

Yamazakia, E., Sagoa, T., Kasubuchib, Y., Imamurab, K., Matsuokaa, T., Osamu Kuritaa, Nambub H, 2013, Improvement on the freeze–thaw stability of corn starch gel by the. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 94: 555-560

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 29- 42

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۴۲-۲۹

Optimization formulation of dietary Luz fortified with Stevia and *Corchorus olitorius* L. using response surface methodology

M. J. Golieh[1], M. Goli*[2]

Received: 2019.09.06
Accepted: 2020.01.18

Introduction: Recently, the prevalence of diseases related to diabetes, hypertension, and obesity, due to high and persistent consumption of sucrose is increasing rapidly. Concerns about the adverse effects of sugar consumptionon one hand, and manufacturers and consumers attention for natural sweeteners to replace sugar, on the other hand, reveal that innovative approaches are needed to help develop a healthy diet which prevents such diseases. Stevia can be introduced as a good replacement for sucrose. *Corchorus olitorius L.* is a rich source of bioactive compounds such as protein, fiber, vitamins, minerals, sterols, tocopherols, and carotenoids, which has significant antioxidant, antibacterial, antifungal, antiviral, anti-inflammatory and anti-cancer properties. This study aimed to reduce the sugar level in Luz preparation and produced a high nutritive product by using *Corchorus olitorius*.

Materials and methods: Materials used in Luz formulation consisted of isomalt, sorbitol, coconut powder, pistachio powder, cardamom, cinnamon and chlorophyll, stevia, and *Corchorus olitorius* were supplied from Salamat-gostaran arayan Co. All chemicals were from Merck Co. The formulations of Luz include sorbitol (29.68%), sugar (25.85%), coconut powder (38.75%), cardamom (0.3%), cinnamon (0.26%) and chlorophyll (58.5%). 2) were selected, and isomalt was used as filler. To produce Luz, the mixture of sorbitol and isomalt was heated to reach boiling temperature and complete dissolution. After the heat treatment (126°C for 1h), the mixture was cooled to 40°C and the other materials were added and mixed. The prepared samples were molded and placed at 15°C for 3 h. Moisture, ash, protein, fat, and sugar were determined according to AACC standard numbers. The density was also determined according to AACC standard number 54-21. Textural properties were determined using a texture analyzer. Atomic Spectroscopic measurement of minerals was performed according to Devatkal et al. (2004). The color evaluation was performed by the Image Processing method. In this study, the effects of Stevia replacement with sugar (0-100%), *Corchorus olitorius* replacement with pistachio powder (0-100%) and cooking temperature (50-70°C) on physical and textural properties (density, hardness) of Luz were investigated. Formulation optimization of enriched dietary Luz was performed using Response Surface Method in the form of a central composite design with 6 central points and two replications (α=2) in other locations. In optimum condition, the results of physicochemical, textural and color properties were analyzed by SPSS software.

Results and discussion: The linear model was suggested for density changes, and independent effect of variables (stevia replacement, *Corchorus olitorius* replacement, cooking temperature), interaction effect of Stevia and *Corchorus olitorius* replacement, interaction effect of *Corchorus olitorius* replacement and cooking temperature, the quadratic effect of Stevia replacement and the quadratic effect of cooking temperature were significant on density ($P < 0.05$ or $P < 0.001$). The density of all treatments increased with increasing the levels of Stevia and *Corchorus olitorius* replacement. An increase in density was observed with increasing cooking temperature. The interaction effect of *Corchorus olitorius* and cooking temperature caused a significant ($P<0.05$), decrease in hardness. A reduction in the level of stevia replacement resulted in a decrease in hardness. The optimum formulation of dietary Luz was introduced containing 25% Stevia, 25% *Corchorus olitorius* and cooking temperature of 65°C, and 55% Stevia, 75% *Corchorus Olitorius* and cooking temperature of 55°C. Overall, the nutritional value of dietary Luz containing *Corchorus olitorius* was improved in terms of protein, ash, magnesium and calcium content. The total sugar content of the optimum samples was significantly lower than the control. The textural characteristics of the optimum samples had not changed significantly.

Keywords: *Corchorus olitorius*, Stevia, Physico-chemical properties, Dietary Luz, Optimizing

1 MSc, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2 Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
(*Corresponding Author Email: mgolifood@yahoo.com)